

Государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Кунгурский колледж агротехнологий и управления»





**КОМПЛЕКТ  
КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ОП.05 ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И ГИДРАВЛИКА**

для специальности

20.02.04 Пожарная безопасность

2023

Рассмотрено  
на заседании методической комиссии  
механико-технологических дисциплин  
Протокол № 1 от «30» августа 2023 г.  
Председатель МК  
 Л.А. Домрачева

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора  
 С.В. Зыкин  
«30» августа 2023 г.

Организация-разработчик: **государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение "Кунгурский колледж агротехнологий и управления "**

Составитель: Кулаков В.В. преподаватель

## СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Общие положения	3
2	Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке	3
3	Оценка освоения умений и знаний	6
4	Контрольно-оценочные материалы для итоговой аттестации по дисциплине	43
5	Перечень используемой литературы	45

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Контрольно-оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины ОП.05 «Термодинамика, теплопередача и гидравлика».

Контрольно-оценочные средства включают контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета.

Контрольно-оценочные средства разработаны в соответствии с:

- положением по формированию основной профессиональной образовательной программы по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность (базовой подготовки);
- методическими рекомендациями по составлению учебно-методического комплекса учебной дисциплины и на основании рабочей программы учебной дисциплины ОП.05 «Термодинамика, теплопередача и гидравлика».

### 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПРОВЕРКЕ

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
<b>Умения:</b>	
- использовать законы идеальных газов при решении задач;	Формализованное наблюдение и оценка результата практических работ
- решать задачи по определению количества теплоты с помощью значений теплоемкости и удельной теплоты сгорания топлива;	Формализованное наблюдение и оценка результата практических работ
-определять коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи расчетным путем;	защита практического занятия, зачёт
- осуществлять расчеты гидравлических параметров: напор, расход, потери напоров, гидравлических сопротивлений;	защита практического занятия
- осуществлять расчеты избыточных давлений при гидроударе, при движении жидкости;	защита практического занятия
<b>Знания:</b>	
- предмет термодинамики и его связь с другими отраслями знаний;	Оценка отчетов по выполнению практических работ
- основные понятия и определения, смеси рабочих тел;	Оценка отчетов по выполнению практических работ

- законы термодинамики;	Оценка отчетов по выполнению практических работ
- реальные газы и пары, идеальные газы;	тестирование, ДЗ
- газовые смеси;	тестирование, ДЗ
- истечение и дросселирование газов;	тестирование, ДЗ
- термодинамический анализ пожара, протекающего в помещении;	ДЗ
-термодинамику потоков, фазовые переходы, химическую термодинамику;	ДЗ
- теорию теплообмена: теплопроводность, конвекцию, излучение, теплопередачу;	тестирование, ДЗ
-топливо и основы горения, теплогенерирующие устройства;	тестирование, ДЗ
-термогазодиагностику пожаров в помещении;	тестирование, ДЗ
-теплопередачу в пожарном деле;	ДЗ
-основные законы равновесия состояния жидкости;	ДЗ
-основные закономерности движения жидкости;	тестирование, ДЗ
-принципы истечения жидкости из отверстий и насадок;	тестирование, ДЗ
-принципы работы гидравлических машин и механизмов.	тестирование, ДЗ

### 3. ОЦЕНКА ОСВОЕНИЯ УМЕНИЙ И ЗНАНИЙ (ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ)

#### Раздел 1. Гидравлика

Форма текущего контроля: Тестовая работа

#### Вариант 1

**1. Что такое гидромеханика?**

- а) наука о движении жидкости;
- б) наука о равновесии жидкостей;
- в) наука о взаимодействии жидкостей;
- г) наука о равновесии и движении жидкостей.

**2. На какие разделы делится гидромеханика?**

- а) гидротехника и гидрогеология;
- б) техническая механика и теоретическая механика;
- в) гидравлика и гидрология;
- г) механика жидких тел и механика газообразных тел.

**3. Что такое жидкость?**

- а) физическое вещество, способное заполнять пустоты;
- б) физическое вещество, способное изменять форму под действием сил;
- в) физическое вещество, способное изменять свой объем;
- г) физическое вещество, способное течь.

**4. Какая из этих жидкостей не является капельной?**

- а) ртуть;
- б) керосин;
- в) нефть;
- г) азот.

**5. Какая из этих жидкостей не является газообразной?**

- а) жидкий азот;
- б) ртуть;
- в) водород;
- г) кислород;

**6. Реальной жидкостью называется жидкость**

- а) не существующая в природе;
- б) находящаяся при реальных условиях;
- в) в которой присутствует внутреннее трение;
- г) способная быстро испаряться.

**7. Идеальной жидкостью называется**

- а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение;
- б) жидкость, подходящая для применения;
- в) жидкость, способная сжиматься;
- г) жидкость, существующая только в определенных условиях.

**8. В каких единицах измеряется давление в системе измерения СИ?**

- а) в паскалях;
- б) в джоулях;
- в) в барах;
- г) в стоксах.

**9. Если давление ниже атмосферного, то его называют:**

- а) абсолютным;
- б) недостаточным;
- в) избыточным;
- г) давление вакуума.

**10. Какое давление обычно показывает манометр?**

- а) абсолютное;
- б) избыточное;
- в) атмосферное;
- г) давление вакуума.

**11. Чему равно атмосферное давление при нормальных условиях?**

- а) 100 МПа;
- б) 100 кПа;
- в) 10 ГПа;
- г) 1000 Па.

**12. Давление определяется**

- а) отношением силы, действующей на жидкость к площади воздействия;
- б) произведением силы, действующей на жидкость на площадь воздействия;
- в) отношением площади воздействия к значению силы, действующей на жидкость;
- г) отношением разности действующих усилий к площади воздействия.

**13. Массу жидкости, заключенную в единице объема, называют**

- а) весом;
- б) удельным весом;
- в) удельной плотностью;
- г) плотностью.

**14. Вес жидкости в единице объема называют**

- а) плотностью;
- б) удельным весом;
- в) удельной плотностью;
- г) весом.

**15. При увеличении температуры удельный вес жидкости**

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- г) сначала увеличивается, а затем уменьшается;
- в) не изменяется.

**16. Сжимаемость – это свойство жидкости**

- а) изменять свою форму под действием давления;
- б) изменять свой объем под действием давления;
- в) сопротивляться воздействию давления, не изменяя свою форму;
- г) изменять свой объем без воздействия давления.

**17. Коэффициент объемного сжатия определяется по формуле**

а)  $\beta_V = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dP}$ ;      б)  $\beta_V = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dP}$ ;

в)  $\beta_V = \frac{1}{V} \frac{dP}{dV}$ ;      г)  $\beta_V = -\frac{1}{P} \frac{dP}{dV}$ .

**18. Вязкость жидкости это**

- а) способность сопротивляться скольжению или сдвигу слоев жидкости;
- б) способность преодолевать внутреннее трение жидкости;
- в) способность преодолевать силу трения жидкости между твердыми стенками;
- г) способность перетекать по поверхности за минимальное время.

**19. Вязкость жидкости не характеризуется**

- а) кинематическим коэффициентом вязкости;
- б) динамическим коэффициентом вязкости;
- в) градусами Энглера;
- г) статическим коэффициентом вязкости.

**20. Кинематический коэффициент вязкости обозначается греческой буквой**

- а)  $\nu$ ;
- б)  $\mu$ ;
- в)  $\eta$ ;
- г)  $\tau$ .

## Вариант 2

**1. Динамический коэффициент вязкости обозначается греческой буквой**

- а)  $\nu$ ;
- б)  $\mu$ ;
- в)  $\eta$ ;
- г)  $\tau$ .

**2. Вязкость жидкости при увеличении температуры**

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) остается неизменной;
- г) сначала уменьшается, а затем остается постоянной.

**3. Как называются разделы, на которые делится гидравлика?**

- а) гидростатика и гидромеханика;
- б) гидромеханика и гидродинамика;
- в) гидростатика и гидродинамика;
- г) гидрология и гидромеханика.

**4. Раздел гидравлики, в котором рассматриваются законы равновесия жидкости, называется**

- а) гидростатика;
- б) гидродинамика;
- в) гидромеханика;
- г) гидравлическая теория равновесия.



**5. Гидростатическое давление - это давление присутствующее**

- а) в движущейся жидкости;
- б) в покоящейся жидкости;
- в) в жидкости, находящейся под избыточным давлением;
- г) в жидкости, помещенной в резервуар.

**6. Какие частицы жидкости испытывают наибольшее напряжение сжатия от действия гидростатического давления?**

- а) находящиеся на дне резервуара;
- б) находящиеся на свободной поверхности;
- в) находящиеся у боковых стенок резервуара;
- г) находящиеся в центре тяжести рассматриваемого объема жидкости.

**7. Свойство гидростатического давления гласит**

- а) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует от рассматриваемого объема;
- б) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема;
- в) в каждой точке жидкости гидростатическое давление действует параллельно площадке касательной к выделенному объему и направлено произвольно;
- г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях и всегда перпендикулярно в точке его приложения к выделенному объему.

**8. Уравнение, позволяющее найти гидростатическое давление в любой точке рассматриваемого объема называется**

- а) основным уравнением гидростатики;
- б) основным уравнением гидродинамики;
- в) основным уравнением гидромеханики;
- г) основным уравнением гидродинамической теории.

**9. Основное уравнение гидростатики позволяет**

- а) определять давление, действующее на свободную поверхность;
- б) определять давление на дне резервуара;
- в) определять давление в любой точке рассматриваемого объема;
- г) определять давление, действующее на погруженное в жидкость тело.

**10. Основное уравнение гидростатического давления записывается в виде**

- а)  $P = P_{атм} + \rho gh$ ;
- б)  $P = P_0 - \rho gh$ ;
- в)  $P = P_0 + \rho gh$ ;
- г)  $P = P_0 + \rho \gamma h$ .

**11. Давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям одинаково**

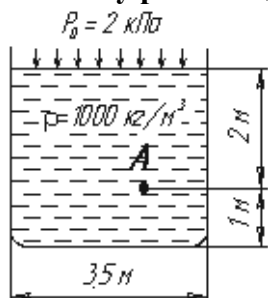
- а) это - закон Ньютона;
- б) это - закон Паскаля;
- в) это - закон Никурадзе;
- г) это - закон Жуковского.

**12. Закон Паскаля гласит**

- а) давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям одинаково;
- б) давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям согласно основному уравнению гидростатики;

- в) давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, увеличивается по мере удаления от свободной поверхности;  
 г) давление, приложенное к внешней поверхности жидкости равно сумме давлений, приложенных с других сторон рассматриваемого объема жидкости.

**13. Чему равно гидростатическое давление в точке А?**



- а) 19,62 кПа;  
 б) 31,43 кПа;  
 в) 21,62 кПа;  
 г) 103 кПа.

**14. Площадь поперечного сечения потока, перпендикулярная направлению движения называется**

- а) открытым сечением;  
 б) живым сечением;  
 в) полным сечением;  
 г) площадь расхода.

**15. Часть периметра живого сечения, ограниченная твердыми стенками, называется**

- а) мокрый периметр;  
 б) периметр контакта;  
 в) смоченный периметр;  
 г) гидравлический периметр.

**16. Объем жидкости, протекающий за единицу времени через живое сечение называется**

- а) расход потока;  
 б) объемный поток;  
 в) скорость потока;  
 г) скорость расхода.

**17. Отношение живого сечения к смоченному периметру называется**

- а) гидравлическая скорость потока;  
 б) гидродинамический расход потока;  
 в) расход потока;  
 г) гидравлический радиус потока.

**18. Если при движении жидкости в данной точке русла давление и скорость не изменяются, то такое движение называется**

- а) установившимся;  
 б) неустановившимся;  
 в) турбулентным установившимся;  
 г) ламинарным неустановившимся.

**19. Движение, при котором скорость и давление изменяются не только от координат пространства, но и от времени называется**

- а) ламинарным;
- б) стационарным;
- в) неустановившимся;
- г) турбулентным.

**20. Расход потока обозначается латинской буквой**

- а)  $Q$ ;
- б)  $V$ ;
- в)  $P$ ;
- г)  $H$ .

### Вариант 3

**1. Трубчатая поверхность, образуемая линиями тока с бесконечно малым поперечным сечением, называется**

- а) трубка тока;
- б) трубка потока;
- в) линия тока;
- г) элементарная струйка.

**2. Элементарная струйка – это**

- а) трубка потока, окруженная линиями тока;
- б) часть потока, заключенная внутри трубки тока;
- в) объем потока, движущийся вдоль линии тока;
- г) неразрывный поток с произвольной траекторией.

**3. Течение жидкости со свободной поверхностью называется**

- а) установившееся;
- б) напорное;
- в) безнапорное;
- г) свободное.

**4. Течение жидкости без свободной поверхности в трубопроводах с повышенным или пониженным давлением называется**

- а) безнапорное;
- б) напорное;
- в) неустановившееся;
- г) несвободное (закрытое).

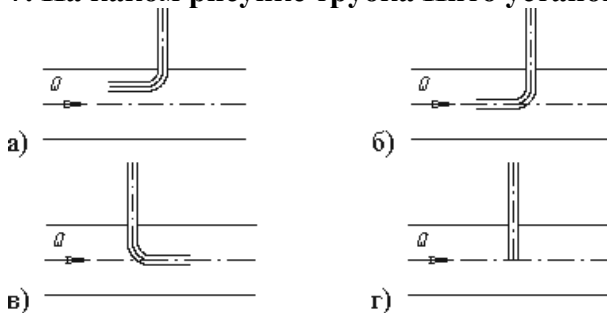
**5. Уравнение неразрывности течений имеет вид**

- а)  $s_1 v_2 = s_2 v_1 = \text{const}$ ;
- б)  $s_1 v_1 = s_2 v_2 = \text{const}$ ;
- в)  $s_1 s_2 = v_1 v_2 = \text{const}$ ;
- г)  $s_1 / v_1 = s_2 / v_2 = \text{const}$ .

**6. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости имеет вид**

- а)  $z_1 + \frac{P_1}{2g} + \frac{v_1^2}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{2g} + \frac{v_2^2}{\rho g}$
- б)  $z_1 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h$ ;
- в)  $z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$ ;
- г)  $z_1 + \frac{v_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{P_1^2}{2g} = z_2 + \frac{v_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{P_2^2}{2g}$ .

7. На каком рисунке трубка Пито установлена правильно



8. Уравнение Бернулли для реальной жидкости имеет вид

- а)  $z_1 + \alpha_1 \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \alpha_2 \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} - \sum h$ ;
- б)  $z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h$ ;
- в)  $z_1 + \frac{P_1}{2g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{2g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{\rho g} + \sum h$ ;
- г)  $z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + \sum h$ .

9. Член уравнения Бернулли, обозначаемый буквой  $z$ , называется

- а) геометрической высотой;
- б) пьезометрической высотой;
- в) скоростной высотой;
- г) потерянной высотой.

10. Член уравнения Бернулли, обозначаемый выражением  $\frac{P}{\rho g}$  называется

- а) скоростной высотой;
- б) геометрической высотой;
- в) пьезометрической высотой;
- г) потерянной высотой.

11. Член уравнения Бернулли, обозначаемый выражением  $\alpha \frac{v^2}{2g}$ , называется

- а) пьезометрической высотой;
- б) скоростной высотой;
- в) геометрической высотой;
- г) такого члена не существует.

12. Уравнение Бернулли для двух различных сечений потока дает взаимосвязь между

- а) давлением, расходом и скоростью;
- б) скоростью, давлением и коэффициентом Кориолиса;
- в) давлением, скоростью и геометрической высотой;
- г) геометрической высотой, скоростью, расходом.

**13. Показание уровня жидкости в трубке Пито отражает**

- а) разность между уровнем полной и пьезометрической энергией;
- б) изменение пьезометрической энергии;
- в) скоростную энергию;
- г) уровень полной энергии.

**14. Линейные потери вызваны**

- а) силой трения между слоями жидкости;
- б) местными сопротивлениями;
- в) длиной трубопровода;
- г) вязкостью жидкости.

**15. Местные потери энергии вызваны**

- а) наличием линейных сопротивлений;
- б) наличием местных сопротивлений;
- в) массой движущейся жидкости;
- г) инерцией движущейся жидкости.

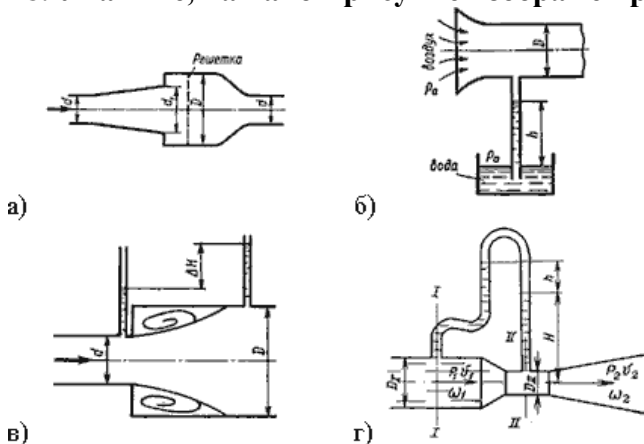
**16. Для измерения скорости потока используется**

- а) трубка Пито;
- б) пьезометр;
- в) вискозиметр;
- г) трубка Вентури.

**17. Для измерения расхода жидкости используется**

- а) трубка Пито;
- б) расходомер Пито;
- в) расходомер Вентури;
- г) пьезометр.

**18. Укажите, на каком рисунке изображен расходомер Вентури**



**19. Линейные потери вызваны**

- а) силой трения между слоями жидкости;
- б) местными сопротивлениями;
- в) длиной трубопровода;
- г) вязкостью жидкости.

**20. Уровень жидкости в трубке Пито поднялся на высоту  $H = 15$  см. Чему равна скорость жидкости в трубопроводе**

- а) 2,94 м/с;
- б) 17,2 м/с;
- в) 1,72 м/с;
- г) 8,64 м/с.

#### Вариант 4

**1. На какие виды делятся гидравлические сопротивления?**

- а) линейные и квадратичные;
- б) местные и нелинейные;
- в) нелинейные и линейные;
- г) местные и линейные.

**2. Ламинарный режим движения жидкости это**

- а) режим, при котором частицы жидкости перемещаются бессистемно только у стенок трубопровода;
- б) режим, при котором частицы жидкости в трубопроводе перемещаются бессистемно;
- в) режим, при котором жидкость сохраняет определенный строй своих частиц;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только у стенок трубопровода.

**3. Турбулентный режим движения жидкости это**

- а) режим, при котором частицы жидкости сохраняют определенный строй (движутся послойно);
- б) режим, при котором частицы жидкости перемещаются в трубопроводе бессистемно;
- в) режим, при котором частицы жидкости двигаются как послойно так и бессистемно;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только в центре трубопровода.

**4. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе пульсация скоростей и давлений не происходит?**

- а) при отсутствии движения жидкости;
- б) при спокойном;
- в) при турбулентном;
- г) при ламинарном.

**5. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скоростей и давлений в трубопроводе?**

- а) при ламинарном;
- б) при скоростном;
- в) при турбулентном;
- г) при отсутствии движения жидкости.

**6. При ламинарном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления**

- а) пульсация скоростей и давлений;
- б) отсутствие пульсации скоростей и давлений;
- в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений;
- г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.

**7. При турбулентном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления**

- а) пульсация скоростей и давлений;
- б) отсутствие пульсации скоростей и давлений;
- в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений;
- г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.

**8. Где скорость движения жидкости максимальна при турбулентном режиме?**

- а) у стенок трубопровода;
- б) в центре трубопровода;
- в) может быть максимальна в любом месте;
- г) все частицы движутся с одинаковой скоростью.

**9. Где скорость движения жидкости максимальна при ламинарном режиме?**

- а) у стенок трубопровода;
- б) в центре трубопровода;
- в) может быть максимальна в любом месте;
- г) в начале трубопровода.

**10. Число Рейнольдса определяется по формуле**

а)  $Re = \frac{vd'}{\mu}$ ;                      б)  $Re = \frac{vd'}{\nu}$ ;

в)  $Re = \frac{vd'}{\nu}$ ;                      г)  $Re = \frac{v\ell}{\nu}$ .

**11. От каких параметров зависит значение числа Рейнольдса?**

- а) от диаметра трубопровода, кинематической вязкости жидкости и скорости движения жидкости;
- б) от расхода жидкости, от температуры жидкости, от длины трубопровода;
- в) от динамической вязкости, от плотности и от скорости движения жидкости;
- г) от скорости движения жидкости, от шероховатости стенок трубопровода, от вязкости жидкости.

**12. Критическое значение числа Рейнольдса равно**

- а) 2300;
- б) 3200;
- в) 4000;
- г) 4600.

**13. При  $Re > 4000$  режим движения жидкости**

- а) ламинарный;
- б) переходный;
- в) турбулентный;
- г) кавитационный.

**14. При  $Re < 2300$  режим движения жидкости**

- а) кавитационный;
- б) турбулентный;
- в) переходный;
- г) ламинарный.

**15. При  $2300 < Re < 4000$  режим движения жидкости**

- а) ламинарный;
- б) турбулентный;
- в) переходный;
- г) кавитационный.

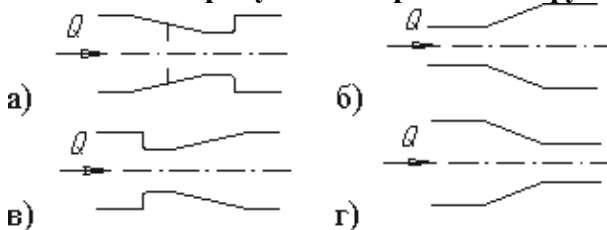
**16. Какие трубы имеют наименьшую абсолютную шероховатость?**

- а) чугунные;
- б) стеклянные;
- в) стальные;
- г) медные.

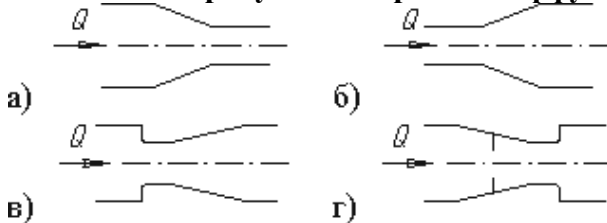
**17. Укажите в порядке возрастания абсолютной шероховатости материалы труб.**

- а) медь, сталь, чугун, стекло;
- б) стекло, медь, сталь, чугун;
- в) стекло, сталь, медь, чугун;
- г) сталь, стекло, чугун, медь.

**18. На каком рисунке изображен конфузор**



**19. На каком рисунке изображен диффузор**



**20. Что такое сопло?**

- а) диффузор с плавно сопряженными цилиндрическими и коническими частями;
- б) постепенное сужение трубы, у которого входной диаметр в два раза больше выходного;
- в) конфузор с плавно сопряженными цилиндрическими и коническими частями;
- г) конфузор с плавно сопряженными цилиндрическими и параболическими частями.

### Вариант 5

**1. Что является основной причиной потери напора в местных гидравлических сопротивлениях**

- а) наличие вихреобразований в местах изменения конфигурации потока;
- б) трение жидкости о внутренние острые кромки трубопровода;
- в) изменение направления и скорости движения жидкости;
- г) шероховатость стенок трубопровода и вязкость жидкости.

**2. С помощью чего определяется режим движения жидкости?**

- а) по графику Никурадзе;
- б) по номограмме Колбрука-Уайта;
- в) по числу Рейнольдса;
- г) по формуле Вейсбаха-Дарси.



3. Для чего служит формула Вейсбаха-Дарси?

- а) для определения числа Рейнольдса;
- б) для определения коэффициента гидравлического трения;
- в) для определения потерь напора;
- г) для определения коэффициента потерь местного сопротивления.

4. Укажите правильную запись формулы Вейсбаха-Дарси

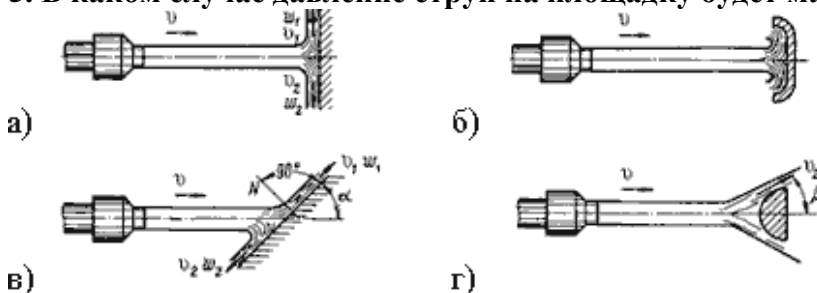
а)  $h_{\text{ном}} = \ell \frac{d}{\lambda} \cdot \frac{v^2}{2g}$ ;

б)  $h_{\text{ном}} = \lambda \frac{\ell}{v} \cdot \frac{d^2}{2g}$ ;

в)  $h_{\text{ном}} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ ;

г)  $h_{\text{ном}} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{2v^2}{g}$ .

5. В каком случае давление струи на площадку будет максимальным



6. Коэффициент сжатия струи обозначается греческой буквой

- а)  $\epsilon$ ;
- б)  $\mu$ ;
- в)  $\varphi$ ;
- г)  $\xi$ .

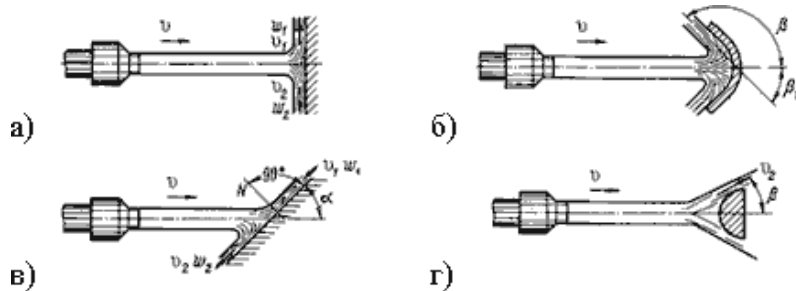
7. Коэффициент расхода обозначается греческой буквой

- а)  $\epsilon$ ;
- б)  $\mu$ ;
- в)  $\varphi$ ;
- г)  $\xi$ .

8. Диаметр отверстия в резервуаре равен 10 мм, а диаметр истекающей через это отверстие струи равен 8 мм. Чему равен коэффициент сжатия струи?

- а) 1,08;
- б) 1,25;
- в) 0,08;
- г) 0,8.

9. В каком случае давление струи на площадку будет минимальным



### 10. Что такое короткий трубопровод?

- а) трубопровод, в котором линейные потери напора не превышают 5...10% местных потерь напора;
- б) трубопровод, в котором местные потери напора превышают 5...10% потерь напора по длине;
- в) трубопровод, длина которого не превышает значения 100d;
- г) трубопровод постоянного сечения, не имеющий местных сопротивлений.

### 11. Что такое длинный трубопровод?

- а) трубопровод, длина которого превышает значение 100d;
- б) трубопровод, в котором линейные потери напора не превышают 5...10% местных потерь напора;
- в) трубопровод, в котором местные потери напора меньше 5...10% потерь напора по длине;
- г) трубопровод постоянного сечения с местными сопротивлениями.

### 12. На какие виды делятся длинные трубопроводы?

- а) на параллельные и последовательные;
- б) на простые и сложные;
- в) на прямолинейные и криволинейные;
- г) на разветвленные и составные.

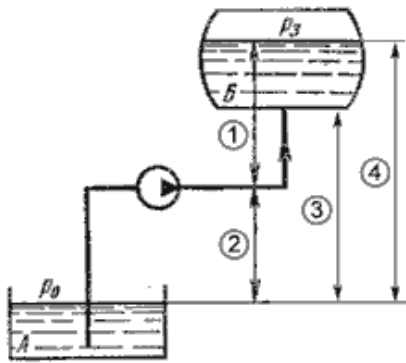
### 13. Какие трубопроводы называются простыми?

- а) последовательно соединенные трубопроводы одного или различных сечений без ответвлений;
- б) параллельно соединенные трубопроводы одного сечения;
- в) трубопроводы, не содержащие местных сопротивлений;
- г) последовательно соединенные трубопроводы содержащие не более одного ответвления.

### 14. Какие трубопроводы называются сложными?

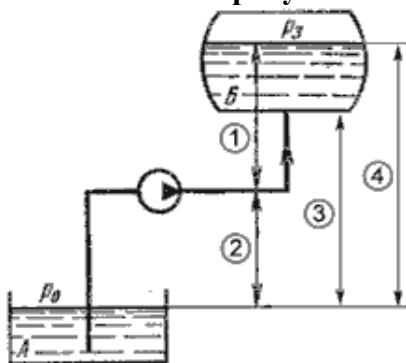
- а) последовательные трубопроводы, в которых основную долю потерь энергии составляют местные сопротивления;
- б) параллельно соединенные трубопроводы разных сечений;
- в) трубопроводы, имеющие местные сопротивления;
- г) трубопроводы, образующие систему труб с одним или несколькими ответвлениями.

### 15. Укажите на рисунке геометрическую высоту всасывания



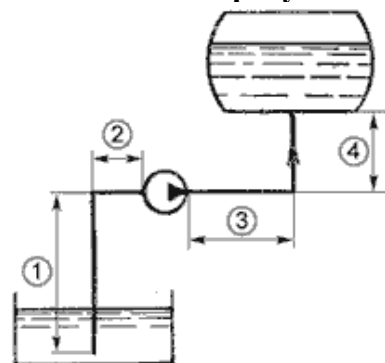
- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

16. Укажите на рисунке геометрическую высоту нагнетания



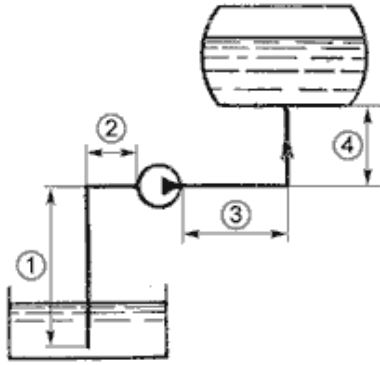
- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

17. Укажите на рисунке всасывающий трубопровод



- а) 3+4;
- б) 1;
- в) 1+2;
- г) 2.

18. Укажите на рисунке напорный трубопровод

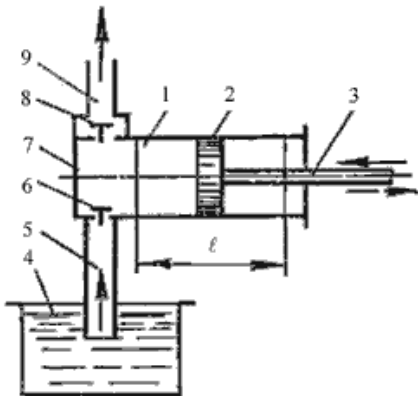


- а) 2+3;
- б) 3+4;
- в) 1+2;
- г) 1+4.

**19. Резкое повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении рабочей жидкости, называется**

- а) гидравлическим ударом;
- б) гидравлическим напором;
- в) гидравлическим скачком;
- г) гидравлический прыжок.

**20. На рисунке изображен поршневой насос простого действия. Укажите правильное обозначение его элементов.**



- а) 1 - цилиндр, 3 - шток; 5 - всасывающий трубопровод;
- б) 2 - поршень, 4 - расходный резервуар, 6 - нагнетательный клапан;
- в) 7 - рабочая камера, 9 - напорный трубопровод, 1 - цилиндр;
- г) 2 - поршень, 1 - цилиндр, 7 - рабочая камера.

### Ключи к тестам

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5	
1.	г	1.	б	1.	а	1.	г	1.	а
2.	г	2.	б	2.	б	2.	в	2.	в
3.	б	3.	в	3.	в	3.	б	3.	в
4.	г	4.	а	4.	б	4.	г	4.	в
5.	б	5.	б	5.	б	5.	в	5.	б
6.	в	6.	а	6.	в	6.	б	6.	а
7.	а	7.	б	7.	б	7.	а	7.	б
8.	а	8.	а	8.	г	8.	в	8.	г
9.	г	9.	в	9.	а	9.	б	9.	г

10.	б	10.	в	10.	в	10.	б	10.	б
11.	б	11.	б	11.	б	11.	а	11.	в
12.	а	12.	а	12.	в	12.	а	12.	б
13.	г	13.	в	13.	г	13.	в	13.	а
14.	б	14.	б	14.	а	14.	г	14.	г
15.	а	15.	в	15.	б	15.	в	15.	б
16.	б	16.	а	16.	а	16.	б	16.	а
17.	б	17.	г	17.	в	17.	г	17.	в
18.	а	18.	а	18.	г	18.	г	18.	б
19.	г	19.	в	19.	г	19.	б	19.	а
20.	а	20.	а	20.	в	20.	в	20.	б

### Критерии оценивания

«Зачтено»

**5 (отлично)** – 81-100% правильных ответов.

**4 (хорошо)** – 61-80% правильных ответов.

**3 (удовлетворительно)** – 41-60% правильных ответов.

«Не зачтено»

**2 (неудовлетворительно)** – менее 40% правильных ответов.

### Раздел 2. Термодинамика

**Форма текущего контроля:** Контрольная (практическая) работа

**Задание 1.** Внутренняя энергия идеального газа.

**Задание 2.** Работа газа при изопроцессах.

**Задание 3.** Изменение внутренней энергии при тепловых и механических процессах.  
Уравнение теплового баланса.

**Задание 4.** Тепловые двигатели. КПД тепловых двигателей.

**Задание 5.** Изменение внутренней энергии при химических реакциях. Первое начало термодинамики. Адиабатный процесс.

#### Вариант 1

1. Как изменится внутренняя энергия 240 г. кислорода  $O_2$  при охлаждении его на 100 К? (Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль,  $R=8,31$  Дж/моль\*К)
2. При температуре 280К и давлении  $4 \cdot 10^5$  Па газ занимает объем 0.1 м<sup>3</sup>. Какая работа совершена над газом по увеличению его объема, если он нагрет до 420 К при постоянном давлении? (Ответ написать в кДж).
3. Определить начальную температуру 0.6 кг олова, если при погружении ее в воду массой 3 кг при 300К она нагрелась на 2 К (Своды= $4200$  Дж/кг\*К, Солова= $250$  Дж/кг\*К)
4. Какую силу тяги развивает тепловоз, если он ведет состав со скоростью 27 км/ч и расходует 400 кг дизельного горючего в час при КПД 30% ( $q=4.2 \cdot 10^7$  Дж/кг)
5. Двухатомному газу сообщено 14кДж теплоты. При этом газ расширился при постоянном давлении. Определить работу расширения газа и изменение внутренней энергии газа.

#### Вариант 2

1. Как изменится внутренняя энергия 4 молей одноатомного идеального газа при уменьшении его температуры на 200К? ( $R=8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ )
2. При изобарном нагревании некоторой массы кислорода  $O_2$  на 200 К совершена работа 25 кДж по увеличению его объема. Определить массу кислорода ( $R=8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ )
3. В машинное масло массой  $m_1=6 \text{ кг}$  при температуре  $T_1=300 \text{ К}$  опущена стальная деталь массой  $m_2=0,2 \text{ кг}$  при температуре  $T_2=880 \text{ К}$ . Какая температура установилась после теплообмена? ( $C_1=2100 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ ,  $C_2=460 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ )
4. Двигатель реактивного самолета развивает мощность  $4.4 \cdot 10^4 \text{ кВт}$  при скорости 900 км/ч и потребляет  $2.04 \cdot 10^3 \text{ кг}$  керосина на 100 км пути. Определить коэффициент полезного действия двигателя. ( $q=4.31 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ )
5. При изобарном расширении 20г водорода его объем увеличился в 2раза. Начальная температура газа 300К. Определите работу расширения газа, изменение внутренней энергии и количество теплоты, сообщенной этому газу.

### Ответы и решения

	Вариант 1	Вариант 2
1.	$\Delta U=5mRT/2M$ 15.58кДж	$\Delta U=3*m*R*T/2*M$ 9972Дж
2.	$A=P1V1(T2-T1)/T1$ A=20кДж	$m=A*M/R*\Delta T$ m=0.481кг
3.	$T_0=(C_{вод}\cdot m_{вод}\cdot \Delta T / C_{ст}\cdot m_{ст}) + T$ $T_0=470\text{К}$	$T=(c_1*m_1*T_1+c_2*m_2*T_2)/(c_1*m_1+c_2*m_2)$ 304.2К
4.	$F=\eta*q*m/v*t$ 186.7кН	$\eta=N*s/q*m*v$ 20%
5.	$\Delta A=2*Q/7$ $\Delta U=5*\Delta Q/7$ 4кДж; 10кДж	$\Delta U=5mRT/2M$ $\Delta A=m*R*\Delta T/M$ 24.93кДж; 62,325кДж

### Критерии оценивания

#### «Зачтено»

**5 (отлично)** – работа выполнена правильно, без недочетов.

**4 (хорошо)** – работа выполнена в целом правильно, ход выполнения правильный, полученные результаты неверные.

**3 (удовлетворительно)** – работа выполнена в основном правильно, задание выполнено частично.

#### «Не зачтено»

**2 (неудовлетворительно)** – задание не выполнено.

### Раздел 3. Теплопередача

**Форма текущего контроля:** Контрольная (практическая) работа

**Задача 1.** Смесь, состоящая из  $M_1$  киломолей углекислого газа и  $M_2$  киломолей окиси углерода с начальными параметрами  $p_1 = 5 \text{ МПа}$  и  $T_1 = 2000 \text{ К}$ , расширяется до конечного объём  $V_2 = V_1$ . Расширение может осуществляться по изотерме, по адиабате, по политропе с показателем  $n$ . Определить газовую постоянную смеси, её массу и начальный объём, конечные параметры смеси, работу расширения, теплоту процесса, изменение внутренней

энергии, энтальпии и энтропии. Дать сводную таблицу результатов и анализ её. Показать процессы на  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

Данные, необходимые для решения задачи, взять из таблицы 1 по номеру зачётной книжки.

Таблица 1

Последняя цифра	M1	M2	Предпоследняя цифра	$\varepsilon=V_2/V_1$	n
	кмоль				
0	0,1	0,9	0	20	1,12
1	0,2	0,8	1	18	1,16
2	0,3	0,7	2	16	1,27
3	0,4	0,6	3	14	1,25
4	0,5	0,5	4	12	1,22
5	0,6	0,4	5	10	1,55
6	0,7	0,3	6	8	1,45
7	0,8	0,2	7	6	1,52
8	0,9	0,1	8	14	1,28
9	0,5	0,5	9	16	1,25

**Указания.** Показатель адиабаты,  $n$ , следовательно, изохорную и изобарную теплоёмкости принять независимыми от температуры.

Ответить на вопросы.

1. Как зависит работа от показателя политропы и почему?
2. Как изменятся (численно) результаты расчётов адиабатного процесса, если учесть, что показатель адиабаты зависит от температуры?

**Задача 2.** Расход газа в поршневом одноступенчатом компрессоре составляет  $V_1$  при давлении  $p_1 = 0,1$  МПа и температуре  $t_1$ . При сжатии температура газа повышается на  $200^\circ\text{C}$ . Сжатие происходит по политропе с показателем  $n$ . Определить конечное давление, работу сжатия и работу привода компрессора, количество отведённой теплоты, а также теоретическую мощность привода компрессора.

Исходные данные для решения задачи выбрать из таблицы 2.

Таблица 2

Последняя цифра	$V_1, \text{ м}^3/\text{мин.}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра	Газ	n
0	20	0	0	Воздух	1,35
1	25	7	1	He	1,45
2	30	10	2	O <sub>2</sub>	1,32
3	35	12	3	N <sub>2</sub>	1,33
4	40	15	4	CO	1,35
5	45	17	5	N <sub>2</sub>	1,34
6	50	20	6	O <sub>2</sub>	1,29
7	55	22	7	He	1,5
8	60	25	8	CO <sub>2</sub>	1,28
9	65	30	9	Воздух	1,32

**Указания.** Показатель адиабаты принять постоянной величиной.

Ответить на вопросы.

1. Как влияет показатель политропы на конечное давление при фиксированных значениях  $p_1$ ,  $t_2$  и  $t_1$ ?

2. Чем ограничивается  $p_2$  в реальном компрессоре кроме ограничения по максимально допустимой конечной температуре?

**Задача 3.** По стальной трубе, внутренний и внешний диаметр которой соответственно  $d_1$  и  $d_2$ , а коэффициент теплопроводности  $\lambda = 40$  Вт/(м · К), течёт газ со средней температурой  $t_1$ . Коэффициент теплоотдачи от газа к стенке  $\alpha_1$ . Снаружи труба охлаждается водой с температурой  $t_2$ . Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде  $\alpha_2$ . Определить коэффициент теплопередачи  $K$  от газа к воде, тепловой поток на один метр длины трубы  $q_l$  и температуры поверхностей трубы.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 3.

Таблица 3

Последняя цифра	$d_1$	$d_2$	$t_1, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
	мм					Вт/(м <sup>2</sup> · К)	
0	100	108	700	0	80	60	4000
1	110	118	800	1	90	54	4200
2	120	130	900	2	100	52	4400
3	130	140	1000	3	110	50	4600
4	140	150	1100	4	120	44	5000
5	150	162	1200	5	130	42	5200
6	160	172	1300	6	140	40	5400
7	170	182	1200	7	150	36	5600
8	180	194	1100	8	160	32	5800
9	190	204	1000	9	170	30	6000

**Указания.** Ответить на вопрос.

При каких значениях  $d_2/d_1$  (близких к единице или гораздо больше единицы) цилиндрическую стенку для расчётов без больших погрешностей можно заменить плоской?

**Задача 4.** Определить потери теплоты в единицу времени с одного метра горизонтально расположенной трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если температура стенки трубы  $t_c$ , температура воздуха в помещении  $t_b$ , а диаметр трубы  $d$ .

Данные для решения задачи взять из таблицы 4.

Таблица 4

Последняя цифра	$d$ , мм	Предпоследняя цифра	$t_c$	$t_b$
			°C	
1	230	1	240	20
2	210	2	230	25
3	240	3	220	35
4	250	4	210	25
5	270	5	200	20
6	300	6	190	15
7	320	7	180	10



8	340	8	170	5
9	360	9	160	0

**Указания.** Лучистым теплообменом пренебречь.

Ответить на вопросы.

1. Какой из трёх режимов (ламинарный, переходный, турбулентный) осуществляется в вашем варианте задачи?

2. Как влияет диаметр трубы на коэффициент теплоотдачи при различных режимах течения?

**Задача 5.** Определить удельный лучистый тепловой поток  $q$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуры  $t_1$  и  $t_2$  и степени черноты  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ , если между ними нет экрана.

Определить  $q$  при наличии экрана со степенью черноты  $\epsilon_3$  (с обеих сторон). Данные для решения задачи выбрать из таблицы 5.

Таблица 5

Последняя цифра	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	Предпоследняя цифра	$t_1$	$t_2$
					0С	
0	0,5	0,6	0,04	0	200	30
1	0,55	0,52	0,045	1	250	35
2	0,6	0,7	0,05	2	300	25
3	0,52	0,72	0,02	3	350	20
4	0,58	0,74	0,03	4	400	40
5	0,62	0,54	0,025	5	450	45
6	0,7	0,58	0,032	6	500	50
7	0,65	0,62	0,055	7	550	55
8	0,75	0,73	0,06	8	600	60
9	0,8	0,77	0,023	9	650	65

**Указания.** Ответить на вопросы.

1. Во сколько раз уменьшится тепловой поток, если принять в вашем варианте задачи  $\epsilon_3 = \epsilon_1$  по сравнению с потоком без экрана?

2. Для случая  $\epsilon_1 = \epsilon_2$  определите, какой экран из таблицы 5 даст наилучший эффект, а какой – наилучший?

### Критерии оценивания

«Зачтено»

**5 (отлично)** – работа выполнена правильно, без недочетов.

**4 (хорошо)** – работа выполнена в целом правильно, ход выполнения правильный, полученные результаты неверные.

**3 (удовлетворительно)** – работа выполнена в основном правильно, задание выполнено частично.

«Не зачтено»

**2 (неудовлетворительно)** – задание не выполнено.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 3.1 Задания текущего контроля

**3.1.1. Практическое занятие №1.** Основные параметры состояния и законы идеального газа.

Проверяемые результаты обучения: У1, З1,

#### Текст задания

1. Какой объем занимает 10 кмоль кислорода при н.у.
2. В цилиндре диаметром  $d = 65$  см содержится воздух объемом  $V = 0,6$  м<sup>3</sup> при давлении  $P_{\text{АБС}} = 3,0$  бар, и температуре  $t = 45$  °С. До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на  $h = 55$  см?
3. В сосуде объемом  $V_1 = 6,0$  м<sup>3</sup> находится воздух при давлении  $P_{\text{АБС}} = 1,6$  МН/м<sup>2</sup> и температуре  $t = 55$  °С. Сколько воздуха надо выкачать из сосуда, чтобы разрежение в нем составило  $P_{\text{РАЗ}} = 550$  мм. рт. ст. при условии, что температура в сосуде не изменится? Атмосферное давление по ртутному барометру равно  $P_{\text{БАР}} = 780$  мм. рт. ст. при температуре в нем равной  $t_1 = 28$  °С. Разрежение в сосуде измерено ртутным вакуумметром при температуре ртути  $t = 55$  °С.
4. Определить массу углекислого газа в сосуде с объемом  $V = 3$  м<sup>3</sup> при температуре  $t = 75$  °С. Давление газа по манометру равно  $P_{\text{МАН}} = 0,6$  бар. Барометрическое давление  $P_{\text{БАР}} = 770$  мм. рт. ст.
5. В цилиндре диаметром 60 см содержится воздух 0.45 м<sup>3</sup> при давлении 2.5 бар, и температуре 35 °С. До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на  $h$ , см?
6. Газ находится в баллоне объемом  $V$  при известных давлении  $P_{\text{М}}$  (показание манометра) и температуре  $t$ . Определить массу и плотность газа.
7. В сосуде находится воздух под разрежением  $h_{\text{вак}} = 65$  мм рт. ст. при температуре  $t = 0$  °С. Ртутный барометр показывает  $h_{\text{бар}} = 750$  мм рт. ст. при температуре ртути  $t_1 = 18$  °С. Определить удельный объем воздуха при этих условиях.
8. В сосуде объемом  $V = 3$  м<sup>3</sup> находится газ (бензол  $C_6H_6$ ) под избыточным давлением  $P_{\text{изб}} = 700$  кПа при температуре  $T = 340$  К.  
Определить:
  - абсолютное давление газа в сосуде  $P_{\text{абс}}$ ;
  - значение газовой постоянной  $R$  для данного газа;
  - массу газу  $M$  в сосуде;
  - объем газа  $V_{\text{н}}$  при нормальных условиях;
  - удельный объем и плотность газа при заданных условиях ( $v, \rho$ );
  - удельный объем и плотность газа при нормальных условиях ( $v_{\text{н}}, \rho_{\text{н}}$ );

Барометрическое давление  $P_6 = 0,1$  МПа.

9. Начальное состояние азота задано параметрами:  $t = 200$  °С,  $v = 1,9$  м<sup>3</sup>/кг. Азот нагревается в процессе при постоянном давлении, причем объем азота увеличивается втрое.

Определить конечную температуру.

10. В цилиндре с подвижным поршнем находится кислород при температуре  $t = 80$  °С и разрежении (вакууме), равном 320 мм рт. ст. При постоянной температуре кислород сжимается до избыточного давления  $p_{изб} = 12$  кг/см<sup>2</sup>. Барометрическое давление равно 745 мм рт. ст.

11. Во сколько раз уменьшится объем кислорода?

**Время выполнения** 60 минут.

### 3.1.2. Практическое занятие №2. Смеси идеальных газов.

Проверяемые результаты обучения: У1, З1

**Текст задания**

1. Определить газовую постоянную, кажущуюся молекулярную массу, плотность и удельный объем при нормальных условиях для смеси идеальных газов, объемное содержание которых задано.

Найти также средние теплоемкости этой смеси при постоянном давлении  $p_1$  в интервале температур от  $t_1$  до  $t_2$  и определить количество теплоты для изобарного нагревания  $m$  кг газовой смеси от  $t_1$  до  $t_2$ , если задан объем этой смеси  $V_{см}$ . Данные для расчета приведены в таблице.

Последняя цифра шифра	$p_1$ , бар	$V_{см}$ , м <sup>3</sup>	$t_1$ , °С	$t_2$ , °С	Предпоследняя цифра шифра	Объемный состав газовой смеси, %		
						N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
6	4	30	300	600	7	50	5	45

2. Смесь идеальных газов состоит из 15 кг CO<sub>2</sub>, 12 кг N<sub>2</sub> и 3 кг O<sub>2</sub>. Объем смеси в начальном состоянии  $V_1 = 20$  м<sup>3</sup>, а давление  $p_1 = 0,1$  МПа. В результате адиабатного сжатия температура смеси возрастает до  $t_2 = 327$  °С. Определить температуру смеси в начальном состоянии, объем и давление смеси в конечном состоянии, работу сжатия и изменение внутренней энергии смеси. Считать, что теплоемкость газов не зависит от температуры и определяется по табл. 1 приложения. Определить парциальное давление газов, входящих в смесь, в конечном состоянии. Изобразить процесс в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ -диаграммах.

Газы	$\mu_{Cv}$	$\mu_{Cp}$
------	------------	------------

Одноатомные	12,5	20,8
Двухатомные	20,8	29,1
Трёх и многоатомные	29,1	37,4

3. Определить массовый состав газовой смеси  $m_{\text{CO}_2}$  - ?  $m_{\text{Ar}}$  - ? состоящей из двух газов, если известно парциальное давление одного из газов  $P_{\text{CO}_2} = 4$  бар, и давление всей смеси  $P_{\text{см}} = 7$  бар. Газовые постоянные  $R$  для каждого газа находятся по таблице.

4. Смесь газов имеет объемный состав:  $V_{\text{O}_2} = 16\%$ ;  $V_{\text{CO}_2} = 18\%$ ;  $V_{\text{N}_2}$ ? Определить молекулярную массу смеси  $\mu_{\text{см}}$ ; газовую постоянную смеси  $R_{\text{см}}$ , удельный объем смеси  $V_{\text{см}}$ , плотность смеси  $\rho_{\text{см}}$ ; парциальные давления компонентов, входящих в смесь при заданном давлении смеси  $P_{\text{см}} = 740$  мм. рт. ст.

Определить среднюю объемную теплоемкость заданной смеси при изобарном (изохорном) нагревании от  $t_1 = 160$  °С до  $t_2 = 700$  °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Молекулярные массы, плотности и объемы киломолей при нормальных условиях и газовые постоянные газов приведены в таблице.

Средние объемные теплоемкости для различных газов при нелинейной зависимости теплоемкости от температуры, в изобарном ( $P = \text{const}$ ) и изохорном ( $V = \text{const}$ ) процессах принимаются также по таблицам.

5. Смесь газов имеет массовый состав:  $M_{\text{O}_2}$  - ?;  $M_{\text{CO}_2} = 60\%$ ;  $M_{\text{N}_2} = 30\%$ . Определить молекулярную массу смеси  $\mu_{\text{см}}$ ; газовую постоянную смеси  $R_{\text{см}}$ , парциальные давления компонентов, входящих в смесь при заданном давлении смеси  $P_{\text{см}} = 750$  мм. рт. ст., удельный объем смеси, и среднюю массовую теплоемкость заданной смеси при изобарном (изохорном) нагревании от  $t_1 = 150$  °С до  $t_2 = 450$  °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной. Молекулярные массы; плотности и объемы киломолей при нормальных условиях и газовые постоянные газов приведены в соответственных таблицах.

Средние массовые теплоемкости для различных газов при нелинейной зависимости теплоемкости от температуры, в изобарном ( $P = \text{const}$ ) и изохорном ( $V = \text{const}$ ) процессах принимаются по таблицам.

6. В сосуде находится смесь воздуха и углекислоты. Объем сосуда  $V = 0,6$  м<sup>3</sup> количество воздуха  $M_1 = 3$  кг, углекислоты  $M_2 = 5$  кг; температура смеси  $t_{\text{см}} = 25$  °С.

Найдите парциальные давления компонентов  $P_i$ , газовую постоянную смеси  $R_{\text{см}}$  давление смеси  $P_{\text{см}}$ .

7. Смесь идеальных газов состоит из 20 кг  $N_2$ , 16 кг  $CO_2$  и 4 кг  $O_2$ . Параметры смеси в начальном состоянии  $p_1 = 0,1$  МПа и  $t_1 = 60$  °С. В результате адиабатного сжатия давление смеси возрастает до значения  $p_2 = 0,5$  МПа. Определить объем смеси в начальном и конечном состояниях, температуру и плотность смеси в конечном состоянии, работу сжатия и изменения внутренней энергии смеси. Считать, что теплоемкость газов не зависит от температуры и определяется по таблице. Определить парциальные давления газов, входящих в смесь, в конечном состоянии. Изобразить процесс в  $pV$ - и  $Ts$ - диаграммах.

**Время выполнения** 60 минут

### **3.1.3. Практическое занятие №3. Теплоёмкость газов и газовых смесей.**

Проверяемые результаты обучения: У1, У2, З1

#### **Текст задания**

1. Используя таблицы термодинамических свойств газов, вычислить средние удельные (массовые) изобарную и изохорную теплоемкости газовой смеси в диапазоне температур (125 °С, 570 °С).

2. Зависимость средней от 0 до  $t$  °С мольной теплоемкости воздуха от температуры можно приближенно выразить уравнением:  $\mu_{pm} \int^t = 6,949 + 5,76 \times 10^{-4} t$  (ккал/кмоль  $\times$  град).

Какое количества тепла необходимо подвести к воздуху, заключенному в сосуде объемом 20 дм<sup>3</sup> при давлении  $p_1 = 10$  бар и температуре  $t_1 = 20$  °С, чтобы поднять его температуру до  $t_2 = 600$  °С.

3. Определить изменение внутренней энергии 0,4 кг азота при расширении его в цилиндре с подвижным поршнем, если в результате процесса температура азота падает от 500 °С до 150 °С.

Решить задачу, пользуясь таблицами.

Определить относительную ошибку, получаемую в случае, если полагать, что теплоемкость является постоянной величиной.

4. Подсчитать среднюю массовую и среднюю объемную теплоемкость воздуха при нагревании его от  $t_1 = 20$  °С до  $t_2 = 800$  °С в процессе при постоянном объеме, пользуясь таблицами. Сравнить полученный результат со значениями теплоемкостей, подсчитанными по молекулярно – кинетической теории.

5. Определить величину энтальпии воздуха, отсчитанную от 0 °С при температуре до  $t_1 = 287$  °С и  $t_2 = 560$  °С, если известна интерполяционная формула для истинной теплоемкости воздуха:  $\mu_p = 6,90 + 14,8 \times 10^{-4} t - 20,1 \times 10^{-8} t^2$  ккал/(кмоль  $\times$  град).

**Время выполнения** 60 минут

### 3.1.4. Практическое занятие №4. Водяной пар.

Проверяемые результаты обучения: У1, У2, З1, З2,

#### Текст задания

1. 1 кг водяного пара от начального состояния, характеризуемого давлением  $P_1 = 1,0$  МПа и температурой  $t_1 = 420$  °С изобарно сжимается до состояния, характеризуемого степенью сухости -  $x_2 = 0,85$ . Определить количество отведенной теплоты  $q$ , работу сжатия  $l$ , и изменение внутренней энергии  $\Delta u$ . Решить задачу с использованием таблиц.

2.  $V = 2,5$  м<sup>3</sup> водяного пара изобарно расширяется от начального состояния, характеризуемого давлением  $P_1 = 1$  МПа и степенью сухости -  $x_1 = 0,8$  до конечного состояния характеризуемого температурой  $t_2 = 250$  °С. Определить количество подводимой теплоты  $Q$ , работу расширения  $L$ , и изменение внутренней энергии  $\Delta U$ . Решить задачу с использованием таблиц.

3.  $M = 1$  кг водяного пара адиабатно расширяется от состояния, определяемого давлением  $P_1 = 7$  МПа и температурой  $t_1 = 550$  °С, до конечного состояния  $P_2 = 0,07$  МПа. Определить работу расширения. Задачу решить при помощи таблиц.

4.  $M = 1$  кг водяного пара изотермически расширяется при  $t_1 = 320$  °С. В начальном состоянии пар влажный с  $x_1 = 0,8$ , в конечном состоянии пар характеризуется параметром  $P_2 = 2,0$  МПа. Определить количество подводимого тепла, изменение внутренней энергии и работу расширения. Задачу решить при помощи таблиц.

5. Определить с помощью таблиц воды и водяного пара для указанных точек параметры  $t$ ,  $p$ ,  $v$ ,  $h$ ,  $s$ ,  $x$ .

Исходные данные для расчетов даны в табл.

Размерность величин:  $t$  [°С],  $p$  [бар],  $v$  [м<sup>3</sup>/кг],  $h$  [кДж/кг],  $s$  [кДж/(кг × К)].

Результаты представить в виде таблицы (по вертикали – номера точек, по горизонтали - параметры  $t$ ,  $p$ ,  $v$ ,  $h$ ,  $s$ ,  $x$ ).

**Время выполнения** 60 минут

### 3.1.5. Практическое занятие №5. Теплообмен.

Проверяемые результаты обучения: У1, У3, З1, З3

#### Текст задания

1. Определить потери теплоты с 1 погонного метра изолированного горизонтального паропровода  $d = 300$  мм, если температура на поверхности изоляции  $t_{из} = 50$  °С, толщина изоляции  $\Delta_{из} = 50$  мм, температура воздуха в машинном отделении  $t_в = 30$  °С. Во сколько раз увеличатся теплотопотери для неизолированного, паропровода, если температура на его поверхности установилась равной  $= 200$  °С?

2. Определить средний коэффициент теплоотдачи и массу конденсата на  $1 \text{ м}^2$  при конденсации сухого насыщенного пара на вертикальных трубах пароводяного подогревателя, если наружный диаметр труб  $d = 19 \text{ мм}$ , высота труб  $H = 1,2 \text{ м}$ , давление пара  $p = 0,25 \text{ МПа}$ , температура пара  $t_{\text{п}} = 127 \text{ }^\circ\text{С}$ , температура поверхности труб  $t_{\text{ст}} = 123 \text{ }^\circ\text{С}$ .

3. Определить потери теплоты с 1 погонного метра изолированного вертикального паропровода диаметром  $d = 300 \text{ мм}$  высотой  $H = 2 \text{ м}$ , если температура воздуха в машинном отделении  $t_{\text{в}} = 30 \text{ }^\circ\text{С}$ , толщина изоляции  $\Delta_{\text{из}} = 50 \text{ мм}$ , температура поверхности изоляции  $t_{\text{из}} = 50 \text{ }^\circ\text{С}$ . Во сколько раз увеличатся теплотери для неизолированного паропровода, если температура на его поверхности стала равной  $200 \text{ }^\circ\text{С}$ ?

4. Определить коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении на наружной поверхности труб испарителя, если плотность теплового потока  $q = 100 \text{ кВт/м}^2$ , давление в корпусе испарителя  $p = 0,25 \times 10^5 \text{ Па}$ .

5. Определить количество теплоты, передаваемое за 1 ч через алюминиевую стенку  $\lambda = 175 \text{ Вт/(м} \times \text{ }^\circ\text{С)}$  размером  $2 \times 1 \text{ м}$  и толщиной  $10 \text{ мм}$  если температуры поверхностей  $t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{С}$ ,  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{С}$ .

6. Определить площадь поверхности нагрева водо-водяного подогревателя, выполненного из латунных труб  $d_1/d_2 = 14/16 \text{ мм}$ ,  $\lambda_{\text{ст}} = 120 \text{ Вт/(м} \times \text{ К)}$ , внутренняя поверхность которых покрыта слоем накипи [ $\Delta_{\text{н}} = 0,5 \text{ мм}$ ,  $\lambda_{\text{н}} = 2 \text{ Вт/(м} \times \text{ К)}$ ]. Средние температуры воды: нагреваемой  $t_{\text{хол}} = 55 \text{ }^\circ\text{С}$ , греющей  $t_{\text{гр}} = 95 \text{ }^\circ\text{С}$ . Коэффициенты теплоотдачи: со стороны нагреваемой воды  $\alpha_2 = 3000 \text{ Вт/(м}^2 \times \text{ К)}$ , со стороны греющей воды  $\alpha_1 = 5000 \text{ Вт/(м}^2 \times \text{ К)}$ . Тепловая мощность подогревателя  $Q = 300 \text{ кВт}$ .

7. Определить количество теплоты при лучеиспускании от газов на  $1 \text{ м}^2$  поверхности газохода ДВС. Средняя температура газов  $T_{\text{г}} = 800 \text{ К}$ , средняя температура поверхности газохода  $T_{\text{ст}} = 400 \text{ К}$ , степень черноты газов  $\varepsilon_{\text{г}} = 0,22$ , степень черноты поверхности газохода  $\varepsilon_{\text{ст}} = 0,8$ .

**Время выполнения** 60 минут

### 3.1.6. Практическое занятие №6. Физические свойства жидкости.

Проверяемые результаты обучения: У1, У4, З4

#### Текст задания

1. Определить объем, занимаемый  $m = 15000 \text{ кг}$  нефти, если плотность нефти  $\rho = 830 \text{ кг/м}^3$ .

2. Определить плотность жидкости, если известно, что жидкость занимает объем  $V = 150 \text{ л}$ , при этом масса жидкости  $m = 122 \text{ кг}$ .

3. Вычислить плотность жидкости и ее удельный объем, если жидкость находится в емкости массой  $m_{\text{емк}} = 5,5 \text{ кг}$ . Масса заполненной жидкостью емкости  $m_{\text{общ}} = 18,9 \text{ кг}$ , а ее объем  $V = 15 \text{ л}$ .

4. Пикнометр – прибор для определения плотности жидкости методом взвешивания. Плотность жидкости  $\rho = 1032 \text{ кг/м}^3$  и удельный вес  $\gamma$  жидкости определяется путем двойного измерения массы пикнометра объемом  $W = 200$

см<sup>3</sup> пустого (массою  $M_0 = 26,5$  г) и наполненного жидкостью (массою  $M_{II}$ ).  
Определит  $\gamma$  и  $M_{II}$ .

5. Вычислить массу нефти в цистерне, если к  $V_1 = 7$  м<sup>3</sup> нефти с плотностью  $\rho_1 = 820$  кг/м<sup>3</sup> добавлено  $V_2 = 2,6$  м<sup>3</sup> нефти с плотностью  $\rho_2 = 795$  кг/м<sup>3</sup>.

Определить, как и на сколько изменится плотность и объем нефти после повышения ее температуры с  $t_n = 15$  °С до  $t_k = 35$  °С (коэффициент температурного расширения нефти принять равным  $\beta_t = 0,00072$  1/К).

6. Вычислить кинематическую вязкость воды при  $t_1 = 20$  °С, если значение динамической вязкости составляет  $\mu = 1,02 \cdot 10^{-3}$  Па · с (плотность воды при данной температуре принять равной  $\rho = 998$  кг/м<sup>3</sup>). Чему будет равна кинематическая вязкость воды после повышения ее температуры на  $\Delta t = 2$  °С?

7. Медный шар  $d = 100$  мм весит в воздухе  $G_b = 45,7$  Н, а при погружении в жидкость  $G_{ж} = 40,6$  Н. Определить плотность жидкости.

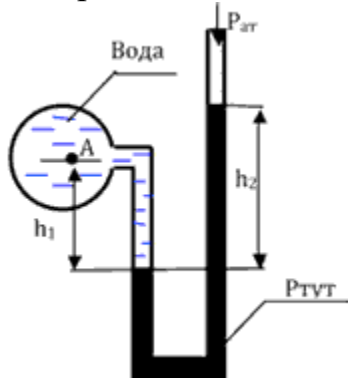
**Время выполнения** 60 минут

### 3.1.7. Практическое занятие №7 . Гидростатическое давление.

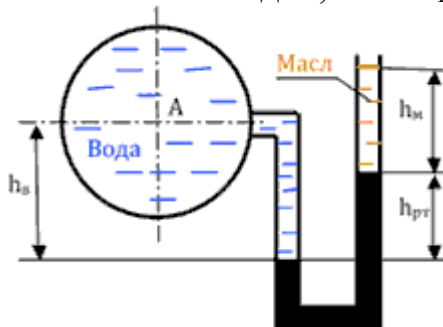
Проверяемые результаты обучения: У5, У6, З4

#### Текст задания

1. Определить избыточное давление в забое скважины глубиной  $h = 85$  м, которая заполнена глинистым раствором плотностью  $\rho = 1250$  кг/м<sup>3</sup>.

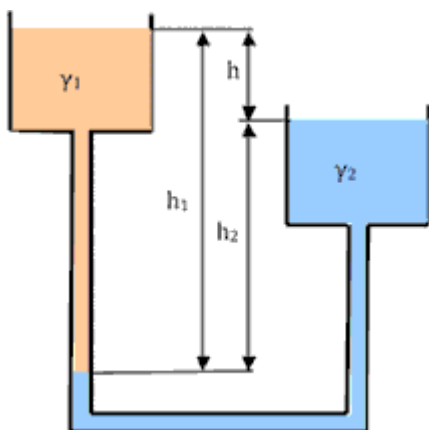


2. Определить манометрическое и абсолютное давление в точке А сосуда, заполненного водой, если  $h_1 = 30$  см, показание ртутного манометра  $h_2 = 60$  см

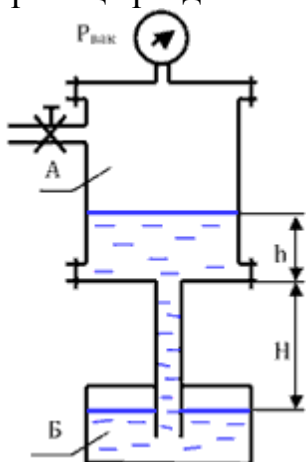




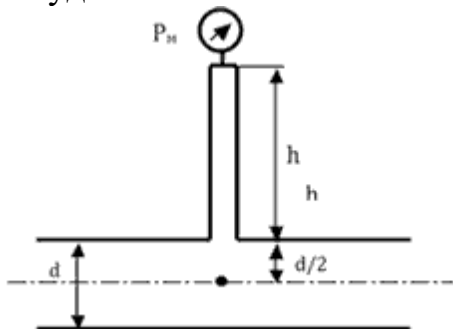
3. Определить абсолютное и избыточное давление в точке А на оси трубы, если разность уровней ртути в дифференциальном манометре  $h_{рт} = 160$  мм, высота масла  $h_M = 160$  мм, высота воды в резервуаре  $h_B = 0,8$  м, плотность ртути  $\rho_{рт} = 13,6$  т/м<sup>3</sup>, плотность масла  $\rho_M = 0,85$  т/м<sup>3</sup>.



4. Два открытых сообщающихся резервуара заполнены жидкостью разного удельного веса  $\gamma_1 = 8500$  Н/м<sup>3</sup> и  $\gamma_2 = 10000$  Н/м<sup>3</sup>. Разность уровней жидкостей в резервуарах  $h = 1,9$  м. Определить величину  $h_2$ , на которой находится граница раздела жидкостей а-а.

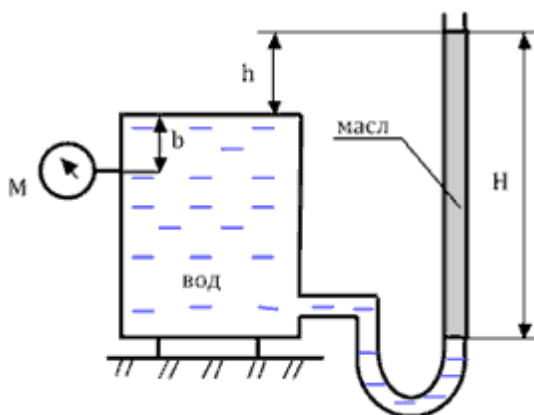


5. В герметичном сосуде - питателе А находится расплавленный баббит ( $\rho = 8000$  кг/м<sup>3</sup>). При показании вакуумметра  $p_{вак} = 0,07$  МПа заполнения ковша Б прекратилось. При этом  $H = 750$  мм. Определить высоту уровня баббита  $h$  в сосуде – питателе А.



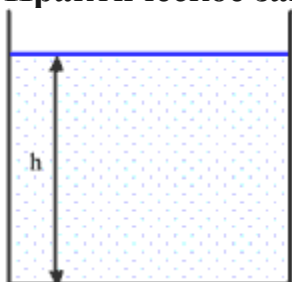
6. На трубопроводе диаметром  $d = 0,6$  м, заполненном водой, установлена вертикально металлическая труба высотой  $h = 2,8$  м, к которой подключен

манометр, показание которого  $P_m = 3,6$  ат. Определить давление на оси трубопровода.

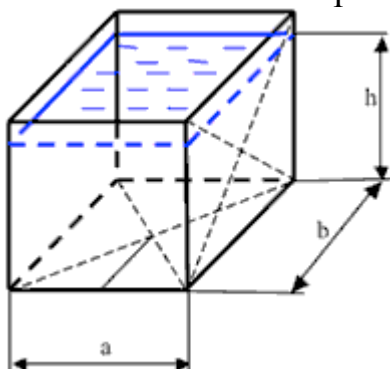


7. Определить показания манометра, установленного на расстоянии  $b = 150$  мм, от верхней крышки резервуара, заполненного водой, если в U-образном манометре, присоединенном к нему, высота уровня масла составляет  $H = 1000$  мм, а превышения уровня масла над крышкой резервуара равно  $h = 300$  мм. Плотность масла составляет  $\rho_m = 880$  кг/м<sup>3</sup>.

**Практическое занятие №8. Давление жидкости на плоскую поверхность.**

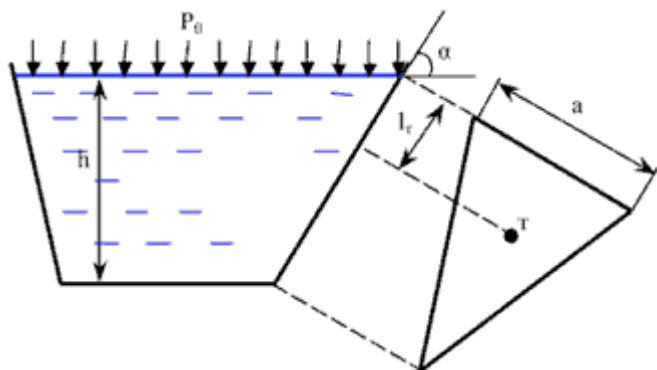


1. Определить величину и точку приложения силы гидростатического давления на плоскую боковую стенку, если глубина воды  $H = 2$  м, а ширина стенки  $B = 3$  м. Построить эпюру избыточного гидростатического давления.



2. В резервуар прямоугольного сечения с размерами  $a = 1$  м,  $b = 3$  м налита жидкость - вода, плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, высота жидкости  $h = 4,4$  м.

Построить эпюру гидростатического избыточного давления на дно и одну из стенок резервуара. Определить силы давления на дно и стенку и точки приложения сил

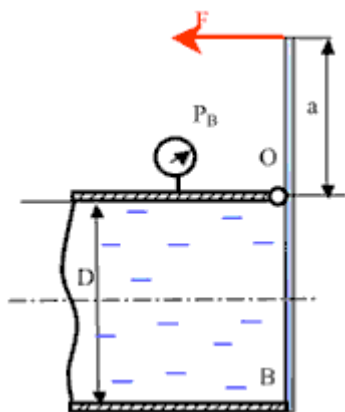


3. Плоский щит перекрывает канал шириной  $b = 1,8$  м. Глубина воды перед щитом  $h = 2,5$  м. Определить силу давления воды на щит и точку приложения этой силы аналитическим и графоаналитическим методом. Определить минимальное подъемное усилие щита  $T$ , если его вес  $G = 20$  кН.

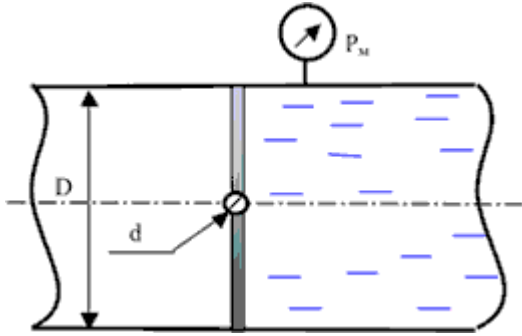
Коэффициент трения щита по опорам при подъеме  $f = 0,25$ .

4. Плоский затвор испытывает воздействия жидкости. По исходным данным таблицы определить:

- 1) величину силы давления жидкости на затвор и точку ее приложения;
- 2) усилия для открытия затвора.



5. Определить величину усилия  $F$ , которое нужно приложить к рычагу, чтобы повернуть затвор  $OB$  вокруг оси  $O$  для выпуска жидкости (воды) из трубы. Задано показания вакуумметра  $P_B = 60$  мм.рт.ст. =  $7999$  Па, диаметр трубы  $D = 0,5$  м и длина рычага  $a = 0,4$  м.

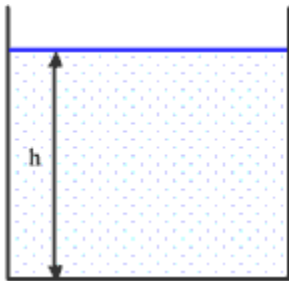


Время выполнения 60 минут

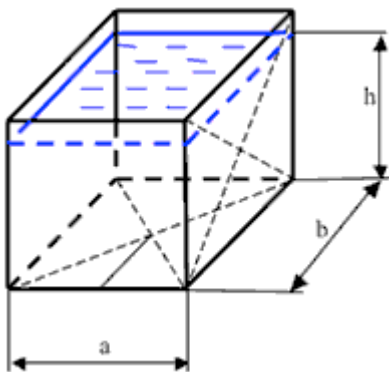
### 3.1.8. Практическое занятие №8 . Давление жидкости на плоскую поверхность.

Проверяемые результаты обучения: У5, У6, 34,35

Текст задания

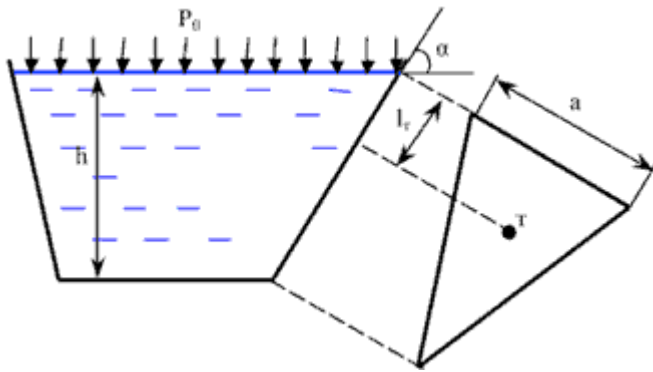


1. Определить величину и точку приложения силы гидростатического давления на плоскую боковую стенку, если глубина воды  $H = 2$  м, а ширина стенки  $B = 3$  м. Построить эпюру избыточного гидростатического давления.



2. В резервуар прямоугольного сечения с размерами  $a = 1$  м,  $b = 3$  м налита жидкость - вода, плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, высота жидкости  $h = 4,4$  м.

Построить эпюру гидростатического избыточного давления на дно и одну из стенок резервуара. Определить силы давления на дно и стенку и точки приложения сил

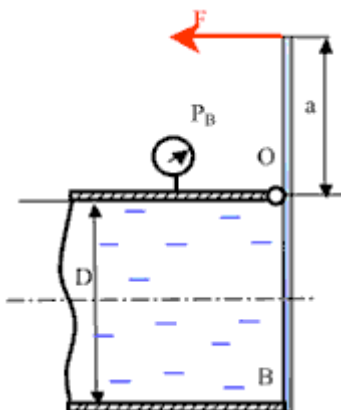


3. Плоский щит перекрывает канал шириной  $b = 1,8$  м. Глубина воды перед щитом  $h = 2,5$  м. Определить силу давления воды на щит и точку приложения этой силы аналитическим и графоаналитическим методом. Определить минимальное подъемное усилие щита  $T$ , если его вес  $G = 20$  кН.

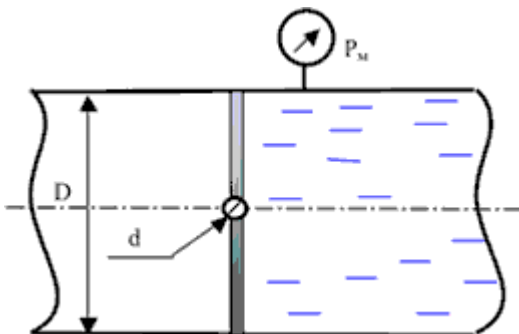
Коэффициент трения щита по опорам при подъеме  $f = 0,25$ .

4. Плоский затвор испытывает воздействия жидкости. По исходным данным таблицы определить:

- 1) величину силы давления жидкости на затвор и точку ее приложения;
- 2) усилия для открытия затвора.



5. Определить величину усилия  $F$ , которое нужно приложить к рычагу, чтобы повернуть затвор  $OB$  вокруг оси  $O$  для выпуска жидкости (воды) из трубы. Задано показания вакуумметра  $P_B = 60$  мм.рт.ст. =  $7999$  Па, диаметр трубы  $D = 0,5$  м и длина рычага  $a = 0,4$  м.

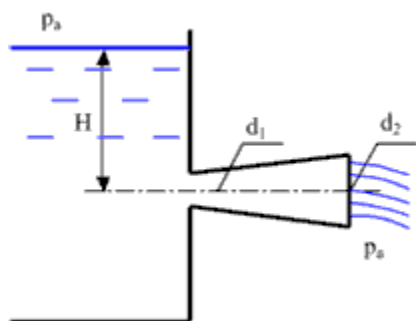


**Время выполнения 60 минут**

### 3.1.9. Практическое занятие №9 . Основы гидродинамики.

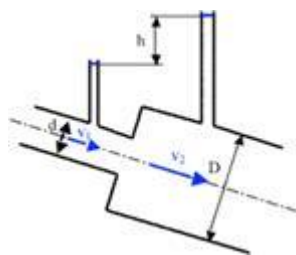
Проверяемые результаты обучения: У5, У6, 34,35, 36

#### Текст задания



1. Жидкость вытекает из открытого резервуара в атмосферу через трубу, имеющую плавное сужение до диаметра  $d_1$ , а затем постепенное расширение до  $d_2$ . Истечение происходит под действием напора  $H = 3$  м.

Пренебрегая потерями энергии, определить абсолютное давление в узком сечении трубы 1-1, если соотношение диаметров  $d_2/d_1 = \sqrt{2}$ ; атмосферное давление соответствует  $h_a = 750$  мм рт. ст.; плотность жидкости  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Найти напор  $H_{кр}$ , при котором абсолютное давление в сечении 1-1 будет равно нулю.



2. При внезапном расширении трубопровода скорость жидкости в трубе меньшего диаметра равна  $v_1 = 4$  м/с. Определить разность показаний пьезометров  $h$ , если отношение диаметров труб  $D/d = 2$ . Потерями напора пренебречь.

3. По трубе диаметром  $d = 50$  мм движется вода. Определить расход, при котором турбулентный режим движения сменится ламинарным, если температура воды  $t = 15$  °С.



4. Даны два сечения трубопровода длиной  $l = 150$  м. В начале трубопровода в сечении 1-1 диаметр  $d_1 = 160$  мм, геометрическая высота положения сечения  $z_1 = 3$  м, соответственно в сечении 2-2  $d_2 = 130$  мм и  $z_2 = 5$  м; расход жидкости  $Q = 0,03$  м<sup>3</sup>/с, гидродинамический напор в начале трубопровода  $H = 30$  м, потери напора в начале трубопровода составляют  $h_{0-1} = 2$  м, в конце

трубопровода -  $h_{1-2} = 10$  м;  $\alpha = 1$  – коэффициент неравномерности распределения скорости в сечении потока.

Определить:

- 1) Скорость движения жидкости и величину скоростного напора в каждом сечении трубопровода;
- 2) Величину полного гидродинамического напора в конце трубопровода;
- 3) Построить сечение трубопровода относительно горизонтальной плоскости, напорную линию, пьезометрическую и линию полного гидродинамического напора;

5. Для измерения расхода воды, которая подается по трубе А в бак Б, установлен расходомер Вентури В. Определить максимальный расход, который можно пропускать через данный расходомер при условии отсутствия в нем кавитации, если температура воды  $t = 60$  °С (давления насыщенных паров соответствует  $h_{н.п.} = 2$  м вод. ст.). Уровень воды в баке поддерживается постоянным, равным  $H = 1,5$  м;  $h = 0,5$  м. Размеры расходомера  $d_1 = 50$  мм;  $d_2 = 20$  мм. Атмосферное давления принять равным  $p_{ат} = 760$  мм рт. ст. = 101325 Па. Коэффициент сопротивления диффузора  $\zeta_d = 0,2$ .

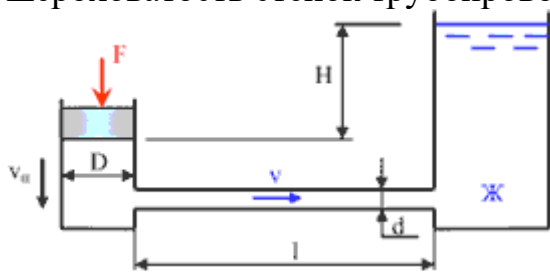
**Время выполнения 60 минут**

### 3.1.10. Практическое занятие №10 . Простые трубопроводы.

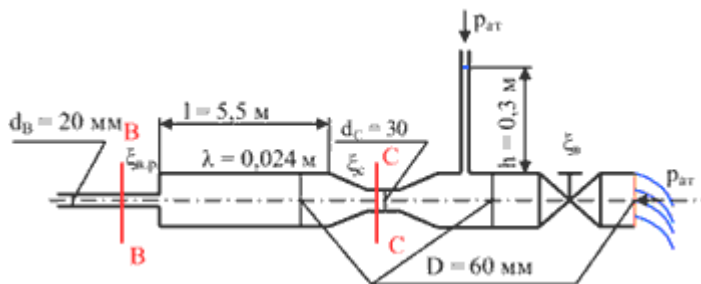
Проверяемые результаты обучения: У5, У6, 34,35,36

**Текст задания**

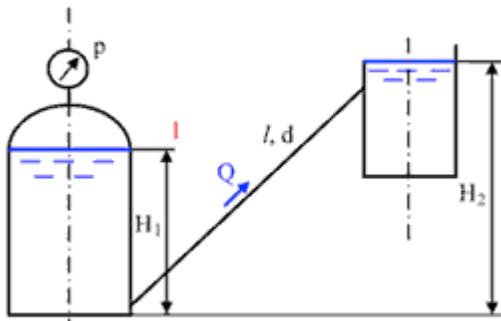
1. Жидкость с плотностью  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup> и вязкостью  $\nu = 0,01$  Ст нагнетается по горизонтальному трубопроводу длиной  $l = 4$  м и диаметром  $d = 25$  мм. Определить давление в начальном сечении, если в конечном сечении трубопровода давление атмосферное, расход жидкости  $Q = 6$  л/с; шероховатость стенок трубопровода  $\Delta = 0,06$  мм.



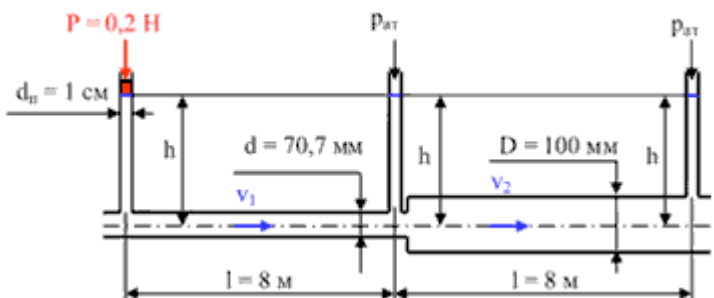
2. Поршень диаметром  $D = 210$  мм движется равномерно вниз в цилиндре, подавая жидкость Ж (бензин) в открытый резервуар с постоянным уровнем. Диаметр трубопровода  $d = 70$  мм, его длина  $l = 21$  м. Когда поршень находится ниже уровня жидкости в резервуаре на  $H = 5$  м, потребная для его перемещения сила равна  $F = 16700$  Н. Определить скорость поршня и расход жидкости в трубопроводе. Построить напорную и пьезометрическую линии для трубопровода. Коэффициент гидравлического трения трубы принять  $\lambda = 0,03$ . Коэффициент сопротивления входа в трубу  $\xi_{вх} = 0,5$ . Коэффициент сопротивления выхода в резервуар  $\xi_{вых} = 1,0$ .



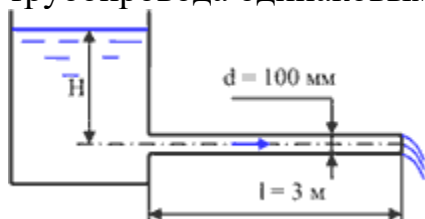
3. Известны коэффициенты сопротивления: гидравлического трения  $\lambda = 0,024$ ; сужения  $\xi_c = 0,09$ ; вентиля  $\xi_B = 6$ . Используя также приведенные на рисунке данные, определите: 1) расход потока воды  $Q$ ; 2) давления в сечении В-В; 3) давления в сечении С-С. Учтите потери напора в двух расширениях потока.



4. Напорное сооружение (резервуар, насосная станция) обеспечивает подачу жидкости по трубопроводу потребителю. По исходным данным табл. 1 решить одну из задач гидравлического расчета труб определение диаметра трубы. По результатам расчета построить график напорной и пьезометрической линии.



5. Трубопровод состоит из труб двух диаметров:  $d = 70,7$  мм и  $D = 100$  мм. На трубопроводе установлены три пьезометра, причем высоты столбов воды  $h$  во всех пьезометрах одинаковы, но жидкость в первом пьезометре испытывает действия силы  $P = 0,2$  Н, приложенной к поршеньку  $\Pi$  диаметром  $d_{\Pi} = 1$  см. Считая коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  на всем протяжении трубопровода одинаковым, определите расход воды в нем  $Q$ .



Время выполнения 60 минут

Критерии оценки:



- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если:
  - работа выполнена полностью
  - в логических рассуждениях и обосновании решения нет пробелов и ошибок
  - в некоторых заданиях предложены другие способы решения
  - в решении нет ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала)
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если:
  - работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать не явилось объектом проверки)
  - допущена 1 ошибка или 2-3 недочета
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:
  - допущены более одной ошибки или более 2-3 недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
  - работа выполнена более чем половина объёма.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:
  - допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными умениями по данной теме в полной мере
  - работа выполнена менее половины объёма.

### 3.1.11. Практическое занятие №7. Термодинамика. Теплопередача.

Проверяемые результаты обучения: У1, У2, З1, З2, З3, З4, З5, З6

#### Текст задания

1. Определить объем топочного пространства, предназначенного для вертикально-водотрубного котла паропроизводительностью  $D = 13,8$  кг/с, при работе на малосернистом мазуте состава:  $C^p = 84,65$  %;  $H^p = 11,7$  %;  $S^p_{л} = 0,3$  %;  $N^p = 0,3$  %;  $O^p = 8,6$  %;  $A^p = 0,05$  %;  $W^p = 3,0$  %; если известны температура подогрева мазута  $t_t = 90$  °С, давление перегретого пара  $p_{п.п} = 1,4$  МПа, температура перегретого пара  $t_{п.п} = 250$  °С, температура питательной воды  $t_{п.в} = 100$  °С, к. п. д. котлоагрегата (брутто)  $\eta^{бр}_{к.а} = 88$  %, величина непрерывной продувки  $P = 3$  % и тепловое напряжение топочного напряжения  $Q/V_T = 490$  кВт/м<sup>3</sup>.

2. Определить в кДж/кг и процентах потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива, если известны из данных анализа содержание оксида углерода в уходящих газах  $CO = 0,28$  % и содержание трехатомных газов  $RO_2 = 19$  %. Котельный агрегат работает на каменном угле с низшей теплотой сгорания  $Q^p_{н} = 22825$  кДж/кг, содержание в топливе углерода,  $C^p = 58,7$  и серы  $S^p_{л} = 0,3$  %.

3. В топке котла сжигается 1 кг донецкого угля марки А состава:  $C^p = 63,8$  %;  $H^p = 1,2$  %;  $S^p_{л} = 1,7$  %;  $N^p = 0,6$  %;  $O^p = 1,3$  %;  $A^p = 22,9$  %;  $W^p = 8,5$  %. Определить энтальпию избыточного воздуха на выходе из топки при полном сгорании угля, если известно, что температура на выходе из топки  $\vartheta_T = 1000$  °С. Коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_T = 1,3$ .

4. Определить состав горючей массы эстонских сланцев, если состав их рабочей массы:  $C^p = 24,1 \%$ ;  $H^p = 3,1 \%$ ;  $S^p_{л} = 1,6 \%$ ;  $N^p = 0,1 \%$ ;  $O^p = 3,7 \%$ ;  $A^p_{и} = 40,0 \%$ ;  $W^p = 13,0 \%$  и  $(CO_2)^p_k = 14,4 \%$ .

5. Между двумя вертикальными плоскими пластинами размером  $0,5 \times 0,5$  м помещен электрический нагреватель с равномерно распределенной плотностью тепловыделения. Степень черноты поверхностей  $\varepsilon = 0,65$ . Какова должна быть мощность электрического нагревателя, чтобы при температуре окружающего воздуха  $t_b = 17 \text{ }^\circ\text{C}$  поддерживать температуру поверхностей пластин  $t_{ст} = 220 \text{ }^\circ\text{C}$ , если коэффициент теплоотдачи конвекцией к воздуху определяется соотношением:  $\alpha_k = 2,65(t_{ст} - t_b)^{0,25}$  (теплоотдачу с торцов пластин не учитывать).

6. Определить параметры рабочего тела (воздух) в характерных точках цикла Карно, работу и термический КПД цикла, если  $p_{мин} = 0,1$  МПа,  $T_{мин} = 300$  К,  $p_{мак} = 25$  МПа,  $T_{мак} = 1800$  К.

7. Влажный воздух при температуре  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $\varphi = 0,8$ , охлаждается в кондиционере до  $t_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  и подается в помещение. Определить количество влаги, выделяющейся из 1 кг воздуха, количество отведенной теплоты и температуру точки росы. Задачу решить при помощи  $I_d$  – диаграммы и привести схему решения.

**Время выполнения** 60 минут

### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если:

- работа выполнена полностью
- в логических рассуждениях и обосновании решения нет пробелов и ошибок
- в некоторых заданиях предложены другие способы решения
- в решении нет ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала)

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать не явилось объектом проверки)
- допущена 1 ошибка или 2-3 недочета

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:

- допущены более одной ошибки или более 2-3 недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
- работа выполнена более чем половина объёма.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными умениями по данной теме в полной мере
- работа выполнена менее половины объёма.

## 4. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1. Текст задания

Зачет состоит из двух этапов:

1. теоретического
2. практического

Обучающие получают задание и готовятся к ответу. Первые два вопроса теоретические (отвечают устно). Третий вопрос включает практическое задание, которое выполняется в письменном виде.

1. Основные параметры состояния.
2. Идеальные газы.
3. Смеси идеальных газов.
4. Первый закон термодинамики.
5. Теплоёмкость газов и их смесей.
6. Термодинамические процессы.
7. Второй закон термодинамики.
8. Термодинамические циклы ДВС, газотурбинных установок.
9. Водяной пар.
10. Циклы паросиловых установок
11. Истечение и дросселирование газов и паров.
12. Циклы холодильных установок.
13. Влажный воздух
14. Теплопроводность.
15. Конвективный теплообмен.
16. Теплообмен излучение.
17. Теплопередача и теплообменные аппаратуры.
18. Физические свойства жидкости.
20. Основы технической гидродинамики.
21. Движение жидкости в напорных трубопроводах.
22. Гидравлические измерительные приборы.
23. Общие сведения об объёмном гидроприводе.
24. Фильтрация рабочих жидкостей.
25. Радиально-поршневые гидромашины.
26. Аксиально-поршневые гидромашины.
27. Гидроцилиндры.
28. Гидравлическая аппаратура.
29. Оборудование систем гидропривода.
30. Системы объёмных гидроприводов.

### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если:

- Дан полный ответ на теоретический вопрос
- Задача решена и даны объяснения хода решения

- Предложены другие способы решения

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если:

- Дан полный ответ на теоретический вопрос, но в решении задачи допущена ошибка
- Дан не полный ответ на теоретический вопрос, задача решена и даны все объяснения

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:

- Ответ на первый вопрос не полный в решении задачи допущены 2-3 ошибки, но основной ход решения верен
- Получен ответ только на один вопрос

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями умениями по данной теме в полной мере
- отказ от ответа

**Время выполнения** 60 минут.

Процент результативности	Оценка уровня подготовки	
	отметка	вербальный аналог
90÷100	5	отлично
80 ÷89	4	хорошо
70÷79	3	удовлетворительно
Менее 70	2	неудовлетворительно

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

### **Основные источники:**

1. Рейтер К.А. Термодинамика, гидравлика и теплотехника: учебник для СПО. Часть 1. Термодинамика и теплопередача. – М.: Курс, 2019.  
[https://www.informio.ru/files/main/documents/2020/02/Termodinamika\\_teploperedacha\\_i\\_g\\_1.pdf](https://www.informio.ru/files/main/documents/2020/02/Termodinamika_teploperedacha_i_g_1.pdf)
2. Рейтер К.А. Термодинамика, гидравлика и теплотехника: учебник для СПО. Часть 2. Гидравлика. – М.: Курс, 2019.  
[https://www.informio.ru/files/main/documents/2020/02/Termodinamika\\_teploperedacha\\_i\\_g\\_1.pdf](https://www.informio.ru/files/main/documents/2020/02/Termodinamika_teploperedacha_i_g_1.pdf)
3. Жучков В.В. Противопожарное водоснабжение. Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018.

### **Дополнительные источники:**

1. Гидравлика, пневматика и термодинамика: курс лекции. / Под ред. В.М. Филина. – М.: ФОРУМ: ИНФРА – М, 2015.
2. Ерохин В.Г., Маханько М.Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2019.
3. Абросимов Ю.Г., Иванов А.И., Качалов А.А. Гидравлика и противопожарное водоснабжение: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.

### **Интернет – источники:**

1. Электронный учебник по дисциплине: «Гидравлика».  
Форма доступа: <http://gidravl.narod.ru/index.html>
2. Основы теплотехники. Курс лекций по теплотехнике.  
Форма доступа:  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLukDEc3QmPk4SOiB0WKYpVhKqUCCaG83e>
3. Основы теплотехники.  
Форма доступа: <http://k-a-t.ru/teplotexnika/1/index.shtml>